

1B3) 전자빔과 흡착제의 Hybrid 기술을 이용한 휘발성유기화합물 제거특성 연구

A Study on the Removal Characteristics of VOCs Using the Hybrid Technique of E-beam and Adsorbent

김조천 · 김기준 · 한범수¹⁾ · 이재형²⁾ · 선우영 · 임용재

건국대학교 환경공학과, ¹⁾이비테크(주), ²⁾보람이엔티(주)

1. 서 론

휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs)은 용제를 사용하는 도장공정, 석유화학공정 등 각종 산업공정과 자동차로부터 배출되어 대기중에 광화학 산화물을 형성하거나 그 자체로 발암성 또는 악취성을 나타내는 물질로서 인체에 유해한 영향을 미친다. VOCs 물질의 전자빔 처리공정의 경우 상온에서 운영되어 에너지의 소모량이 적고, 2차오염물 발생이 매우 적으며 다양한 종류의 VOCs에 적용이 가능하므로 기존 방지시설의 보완 및 대체시설로서는 최적인 것으로 평가되고 있다. 특히 유량이 매우 크고 저농도로 배출되는 VOCs 처리의 경우에 기존의 처리법 보다 더욱 경제적이고 효율적으로 적용될 수 있다(Hirota, 1998). 본 연구에서는 전자빔을 이용한 도장공정 및 석유화학공정에서 발생하는 대용량의 VOCs를 제거하기 위한 기술 개발로서 VOC 제거 효율을 보다 향상시킨 hybrid 기술의 VOCs 제거특성을 연구하였다.

2. 연구 방법

본 연구에 사용된 전자빔 가속기는 1MeV ELV4 Type으로 실험은 Pilot Scale로 수행되었다. 실험에 대한 장치 구성은 그림 1과 같이 VOC 발생장치, Plenum Chamber, 반응기, 시료 채취부 등으로 이루어졌다. 안정된 농도의 VOC를 발생시키기 위하여 VOC 표준용액을 30~50 μ m까지 미립화가 가능한 이류분 사형 노즐이 사용되었고, 분무된 VOC는 2단 열교환기(110 $^{\circ}$ C)를 거쳐 완전 기화되도록 하였다. 반응기는 전자빔만이 조사되는 전자빔(E-Beam) 반응기와, 반응기에 활성탄이 장착된 Hybrid-1 반응기와, 세라믹이 장착된 Hybrid-2 반응기, 그리고 특정 흡착제가 장착된 Hybrid-3반응기로 구분되어 실험이 수행되었다. 반응기에 대한 흡수선량은 CTA 필름 선량계를 사용하여 측정되었고, 실험은 상온·상압 상태에서 이루어졌다. 시료는 반응기 전후의 lung sampler를 사용하여 채취하였고, 정량 분석을 위하여 GC/FID(HP5890)를 사용하여 분석을 수행하였다.

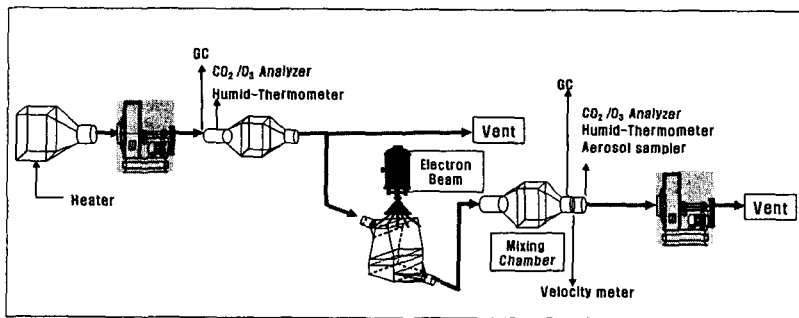


Fig. 1. Schematic of pilot scale system for VOC treatment.

3. 결과 및 고찰

기존의 전자빔에 의한 VOCs 처리효율을 향상시키기 위한 방법으로 그림 2와 같이 전자빔 기술과 흡착기술을 접목한 여러 형태의 Hybrid 처리 연구가 수행되었다. Hybrid-1의 결과는 전자빔 반응기에 활

성탄이 포함된 경우로서 흡수선량이 2~10kGy로 증가할수록 톨루엔의 처리효율도 약 33~63%로 상승하는 것을 알 수 있었다. Hybrid-1의 처리효율은 전자빔에 의한 처리효율과 유사하였고, CO₂로의 전환율도 최대 33%로 나타났다. Hybrid-2는 전자빔 반응기에 세라믹이 포함된 경우로 흡수선량의 증가에 따라 처리효율이 증가하여 최대 73.2%로 나타나 Hybrid-1의 경우보다 약 10%의 처리효율 향상이 나타났다. Hybrid-2의 CO₂로의 전환율은 23.7%로서 Hybrid-1의 값에 비하여 다소 낮게 나타났다. 한편, Hybrid-3의 처리특성은 최대 94.9%로 나타나 Hybrid 1, 2 반응기 보다 20~30%의 처리효율 향상을 보였다. Hybrid-3의 경우 CO₂로의 전환율은 최대 72.3%로 나타나 Hybrid-1, 2 반응기와 비교하여 40%이상 증가하였다.

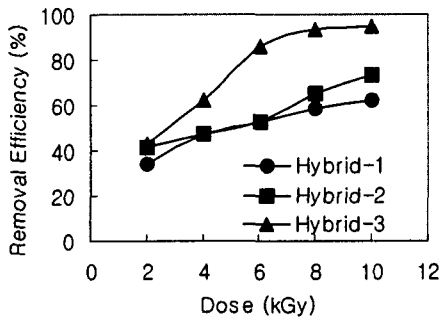


Fig. 2. Comparison of removal efficiency of toluene(600ppmC) by hybrid type(Hybrid-1 : Activated carbon, Hybrid-2 : Ceramic, Hybrid-3 : Adsorbent).

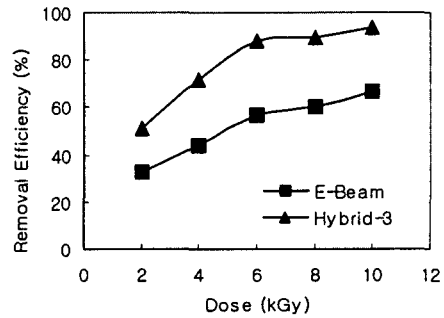


Fig. 3. Removal characteristics of thinner (600ppmC) for e-beam and hybrid-3 reactors.

그림 3은 실제 도장공장에서 발생되는 VOCs와 유사한 thinner를 선정하여 전자빔에 의한 처리특성과 Hybrid-3에 의한 처리특성을 비교한 그래프이다. 이는 전술한 톨루엔 실험과도 유사한 결과이며, 10kGy 흡수선량 범위 내에서 600ppmC thinner의 처리효율은 50.8~93.9%의 범위를 나타내었다. 이 때, CO₂로의 전환율은 3.4~91.3%로 나타났다.

결과적으로 Hybrid-3 반응기가 Hybrid-1, 2 및 기존의 전자빔 반응기에 의한 처리기술보다 30%이상의 처리효율 증가를 나타내었고, 경제적 흡수선량인 10kGy에서 약 95%의 처리효율을 나타내었다. 또한 완전 산화율도 기존의 전자빔 처리나, Hybrid-1, 2 방법보다 40%이상 증가하였다. 현장시료인 thinner를 처리할 때에도 Hybrid-3 반응기가 기존의 전자빔 반응기보다 처리효율과 완전산화율 면에서 괄목하게 향상되었다.

사 사

본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)”으로 지원받은 과제입니다.

참고 문헌

- Hakoda T., M. Yang, K. Hirota and S. Hashimoto (1998) Decomposition of Volatile Organic in Air by Electron Beam and Gamma Ray Irradiation. J. Adv. Oxid. Technol., 3(1).
- Jo-Chun Kim (2002) Factors affecting aromatic VOC removal by electron beam treatment, Radiation Physics and Chemistry, 65, 429-435.
- 김기준 (2001) 전자선 조사기술을 이용한 휘발성 유기화합물 제거에 관한 연구, 동신대학교 석사학위논문.